

第一章 绪论

本章主要介绍环境、环境科学、环境工程及道路交通环境工程的基本概念。通过本章的学习，会对环境及环境问题有一个基本认识。

第一节 环境与环境科学

一、环境及环境要素

(一) 环境

环境是一个范畴广泛的名词或术语。从哲学上讲，环境是相对于主体（或某项中心事物）而言的客体，它与其主体相互依存、相互作用、相互制约，它的内容随着主体的不同而不同，其差异源于主体的界定。对于环境科学来说，主体是人类，环境就是人类生存的客体，是指以人类为主体的外部客观世界的总体，既包括自然因素，也包括社会因素。

有时为了工作需要，环境还具有特定的含义，它们大多出现在各国颁布的环境保护法规中。例如，我国的环境保护法中规定：“本法所称环境是指大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等”。这是一种把环境中应该保护的要素界定为环境保护的工作对象，其目的是从实际工作的需要出发，对环境一词的法律适用范围作出规定，以保证法律的准确实施。

(二) 环境要素

构成环境整体的各个独立的、性质不同而又服从总体演化规律的基本物质组分称为环境要素。它可分为自然环境要素和社会环境要素。目前研究较多的是自然环境要素，通常所说的环境要素是指自然环境要素，主要包括水、大气、生物、土壤、岩石和阳光等。环境要素组成环境的结构单元，环境的结构单元又组成环境整体或环境系统。例如，由水组成水体，全部水体总称为水圈，由大气组成大气层，全部大气层总称为大气圈，由土壤构成农田、草地、林地，由岩石构成岩体，全部土壤和岩体构成地球固体壳层（岩石圈或土壤）；由生物体组成生物群落，全部生物群落集称为生物圈。阳光以其辐射能为环境要素提供能量。

了解环境要素的特点，不仅能认识各环境要素之间的相互联系、相互作用及互相制约，而且是认识环境、评价环境、改造环境的基本依据。环境要素有如下特点^[1]：

(1) 最小限制律。整个环境的质量不是由诸环境要素的平均状况决定的，而是受那个与最优状态差距最大的环境要素所控制，即环境质量取决于诸要素中处于“最劣状态”的那个环境要素，而不能用其余处于优良状态的环境要素去弥补、去替代。因此，在环境治理时，应循着由差到优的顺序，依次改造每个环境要素，使之均衡地达到最佳状态。

(2) 等值性。任何一种环境要素对于环境质量的限制，只有当它们处于最差状态时才具有等值性。这就是说，诸环境要素不论其规模或数量上的不同，只要是一种独立的要素，那么它们对环境质量的限制作用是相同的。

(3) 环境的整体性大于诸环境要素的个体之和。环境诸要素的相互联系，相互作用所产生的集体效应，是个体效应基础上的飞跃，比组成该环境各个要素作用之“和”要丰富得多，复杂得多。因此，研究环境不但要研究单个要素的作用，还要研究整个环境的作用机制，综合分析其整体效应。

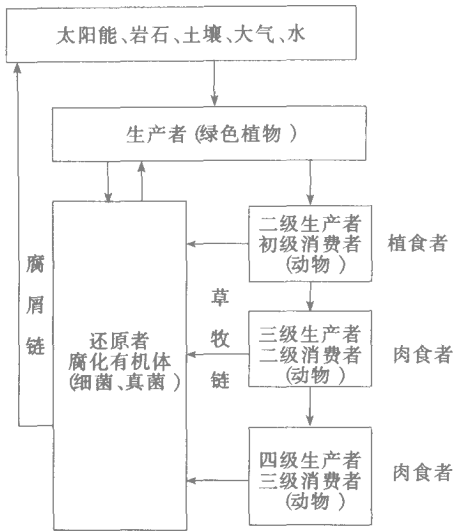


图 1-1 生态系统中食物链示意图

(4) 所有环境要素具有相互联系，相互依存的关系。从演化意义上讲，某些环境要素孕育着其他要素。在地球发展史上，岩石圈的形成成为大气的出现提供了条件，岩石圈和大气圈的存在为水的产生提供了条件，前三者又为生物的产生与发展提供了条件。环境要素间的相互作用、相互联系是通过能量流的传递或转换来实现的，能量形式的转换又影响到整体环境要素间的相互制约关系。环境要素间还通过物质流的循环，即通过各个要素对物质的贮存、释放、转运等环节的调控，使全部环境要素联系在一起。例如从表示生物界取食关系的食物链（见图 1-1）清楚地表示了环境要素间的相互联系、相互依存的关系。

二、环境问题

环境科学与环境保护研究的环境问题主要不是自然灾害问题（原生或第一环境问题），而是人为因素引起的环境问题（次生或第二环境问题）。人为环境问题通常分两类：一是不合理地开发利用自然资源，超出环境承受能力，使生态环境恶化或自然资源趋向枯竭；二是人口激增、城市化和工农业高速发展引起的环境污染和环境破坏。

（一）环境问题的由来与发展

人类与环境是对立统一的关系，地球上一诞生人类就出现了环境问题。随着人类社会的发展，环境问题也在发展与变化，它大致经历了四个阶段^[2]：

1. 环境问题的萌芽阶段（工业革命之前）

工业革命以前的很长时期，人类主要以生活活动、生理代谢过程与环境间进行物质和能量转换，活动的主要方式是利用环境（资源）。那时期的环境问题主要是由于人口的自然增长及盲目的采伐和捕猎。当人类进入农业和畜牧业时代后，人类改造环境的作用就越来越明显，同时也产生了相应的环境问题，如大量砍伐森林，破坏草原，盲目开垦，造成区域性的环境破坏。较突出的例子是古代经济比较发达的美索不达米亚等地，由于不合理的开垦和灌溉，后来都变成了荒芜不毛之地。中国黄河流域曾以其茂密的森林、茂盛的草原和肥沃的土地孕育了中国古代文明，自西汉末年和东汉时期起，由于进行了大规模开垦，森林和草原遭到了破坏，引起严重土壤侵蚀，水旱灾害频繁，致使地域内土地沟壑纵横交错，沙漠化程度日益严重。

2. 环境问题的恶化阶段（工业革命至 20 世纪 50 年代）

18 世纪中叶至 19 世纪中叶，生产史上出现了工业革命，使生产力大为提高，增强了人类利用和改造自然环境的能力，大规模地改变了环境的结构，因而改变了环境中的物质循环系统。与此同时也产生了新的环境问题。一些工业发达的城市和工矿区排出大量废弃物污染环

境,环境污染事件不断发生。如 1873 年 12 月、1880 年 1 月、1882 年 2 月、1891 年 12 月和 1892 年 2 月,英国伦敦曾多次发生可怕的毒烟雾事件;1930 年 12 月,比利时马斯河谷工业区工厂排放的有害气体,在逆温条件下造成了严重的大气污染事件,使几千人发病,60 人死亡;19 世纪后期,日本足尾铜矿区排出的废水污染了大片农田等。由于工业生产和消费过程中排放的“三废”为生物和人类不熟悉,难以降解、同化和认同,因此随着大工业的出现与发展,生产力的日益提高,环境问题也随之发展,且日趋恶化。

3. 环境问题的第一次高潮(20 世纪 50 年代至 70 年代)

第二次世界大战以后,社会生产力发展突飞猛进,于是现代工业、农业排出的“三废”量也猛增,致使许多国家出现了震惊世界的公害事件。如 1952 年 12 月的伦敦烟雾事件;日本 1953 年~1956 年的水俣(市)病事件,1961 年的四日(市)哮喘病事件及 1955 年~1972 年的富山(县)骨痛病事件等。当时,工业发达国家的环境污染已达到严重程度,直接威胁着人类的生命和安全,成为重大的社会问题。1972 年 6 月 5 日至 16 日联合国在斯德哥尔摩召开了人类环境会议,通过了《联合国人类环境会议宣言》,这次会议对人类认识环境问题是一个里程碑。发达国家把环境问题摆上了国家议事日程,包括制定法律、建立机构、加强管理及研究采用环境治理新技术等。

4. 环境问题的第二次高潮(20 世纪 80 年代以来)

20 世纪 80 年代初出现的环境问题高潮主要表现为三类:一是全球性的大气污染,如“温室效应”、臭氧层破坏和酸雨;二是大范围的生态环境破坏,如大面积森林被毁、草场退化、土壤侵蚀和沙漠化;三是严重环境污染事件迭起,直接危害人群健康甚至死亡。如 1986 年 12 月印度博帕尔农药泄漏事件(受害面积达 40 km²,死亡人数在 0.6 万~1.0 万人,受害人数在 10 万~20 万人);1986 年 4 月前苏联的切尔诺贝利核电站泄漏事故;1986 年 11 月的莱茵河污染事件等。我国自 80 年代起环境问题也日趋严重,如大量水体(淮河、太湖等)污染,生态环境恶化,水土流失加剧,黄河断流,长江泥沙量激增,至 1997 年底全国荒漠化土地面积高达国土面积的 26.3%。由此可见,当今的环境问题已发展为全球性的环境污染和生态破坏问题,已严重威胁到人类的生存,阻碍经济的持续发展。

(二) 环境问题的实质

从环境问题的发展历程可以看出,现代化工农业的高速发展造成了严重的环境问题,且总的趋势仍在恶化。环境问题的实质是对环境的价值认识不足,发展盲目(包括人口增长)不合理开发利用资源而造成环境质量恶化和资源(土地、森林、淡水、生物物种等)浪费、破坏甚至枯竭。

当前世界面临的主要环境问题是人口、资源、生态破坏和环境污染,在一些发达国家出现了“反增长”的论点。当然,发达国家实行了高生产、高消费的政策,过度浪费资源、能源,大量排放污染物,应该进行控制。但是,发展中国家的环境问题,主要是由于贫困落后,发展中缺少妥善的环境规划和正确的环境对策造成的。环境问题只能在发展中解决。只有世界各国共同处理好发展与环境的关系,才能从根本上解决。联合国于 1992 年 6 月在里约热内卢召开了“环境与发展大会”,通过了《里约环境与发展宣言》、《21 世纪议程》等重要文件,这是人类在环境与发展史上揭开了新的一页。我国在大会后编制了《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》^[3],为今后解决环境问题制定了可持续发展的战略与对策,也是对世界环境与发展的承诺与贡献。

三、环境科学

(一) 环境科学的研究对象与内容

环境科学是在人们急待解决环境问题的需要下迅速发展起来的新兴学科，是一门介于自然科学、社会科学和技术科学之间的边际学科。环境科学可定义为：是一门研究人类社会活动与环境演化规律之间相互作用关系，寻求人类社会与环境协同演化、持续发展途径与方法的科学^[1]。简单而言，环境科学是研究人类环境质量及其控制的科学。

环境科学的研究对象是“人类和环境”这对矛盾的对立统一关系，其目的是通过调整人类的社会行为，保护、发展和建设环境，从而使环境为人类社会持续、协调、稳定发展提供良好的支持与保证。当前，环境科学的主要研究内容为：全球范围内环境演化的规律；人类社会经济行为引起的生态破坏和环境污染，环境系统在人类活动下的变化规律；环境质量恶化的程度及其与人类社会经济活动的关系；人类社会经济与环境协调持续发展的途径和方法，以争取人类社会与自然环境的永续和谐。

（二）环境科学的分科

环境科学是 20 世纪 60 年代后才形成和发展起来的。1972 年英国经济学家 B.沃德和美国生物学家 R.杜博斯受联合国人类环境会议秘书长的委托，主编出版《只有一个地球》一书，被认为是环境科学的一部绪论性著作。许多学者认为，环境科学的出现是 20 世纪 60 年代以来自然科学迅猛发展的一个重要标志。在现阶段，环境科学主要是运用自然科学、社会科学和技术科学的有关理论、技术和方法来研究环境问题，形成了与有关学科相互渗透、交叉的许多分支学科。目前对环境科学分科尚无统一的定论，一般可分以下八个学科^[4]：

- (1)环境社会学。如环境污染发展史、环境经济学、环境法学和环境管理学等。
- (2)环境生物学。如污染生态学、环境水生物学、环境微生物学等。
- (3)环境化学。如环境污染化学、环境分析化学和环境监测学等。
- (4)环境物理学。如环境声学、环境光学、环境热学、环境电磁学和空气动力学等。
- (5)环境地学。如环境地质学、环境地球化学、污染气象学、环境海洋学和环境土壤学等。
- (6)环境医学。如环境流行病学、环境毒理学、环境医学监测、公害病及其防治、环境卫生标准等。
- (7)环境工程学。如大气污染控制工程、水污染控制工程、噪声污染控制工程、固体废弃物处理工程、环境监测技术和环境质量评价等。
- (8)环境学。如理论环境学、综合环境学(分为全球环境学、区域环境学、聚落环境学)部门环境学等。

环境学是在 20 世纪 70 年代中期发展起来的，是一门新的独立的，不从属于老学科理论体系的环境学科。其主要任务是研究人类生态系统的结构和功能、生态流的运行规律及环境质量变化对人类生态系统的影响，确定导致人类生态系统受到损害或破坏的极限，寻求调控人类一环境系统的最佳方案。最终目的是建立一套调节和控制人类一环境系统的理论和方法，为解决环境问题提供方向性及战略性的科学依据。

第二节 环境保护与环境工程学

一、环境保护

（一）环境保护的概念

20 世纪 50 年代以后，由于环境污染日趋严重，多数人认为环境保护只是对大气污染、水污染等进行治理，对固体废弃物进行处理和利用，即所谓“三废”治理及排除噪声干扰等技术性管理工

作目的是消除公害 保护人类健康。70年代起随着环境科学的问世及世界性环境会议的召开，人们逐渐从发展与环境的对立统一关系来认识环境保护的含义。认为环境保护不仅是控制污染，更重要的是合理开发利用资源。经济发展不能超出环境的容许极限，有的环境专家提出：“环境保护从某种意义上讲，是对人类总资源进行最佳利用的管理工作”^[4]。所以，环境保护不仅是治理污染的技术问题、保护人类健康的福利问题，更重要的是经济问题和政治问题。

（二）环境保护的内容

环境保护的内容世界各国不尽相同，同一个国家在不同时期的内容也有所不同。一般环境保护的内容大致包括两个方面：一是保护和改善环境质量，保护人们身心健康，防止机体在环境污染影响下产生遗传变异和退化；二是合理开发利用资源，保护自然环境，加强生物多样性保护，以求维护生态平衡和生物资源的生产能力，恢复和扩大自然资源的再生产，保障人类社会的持续发展。

（三）环境保护的基本任务

我国环境保护工作从 20 世纪 70 年代起步，1973 年第一次全国环境保护会议确定了“全面规划、合理布局、综合利用、化害为利、依靠群众、大家动手、保护环境、造福人民”的环境保护 32 字方针。1983 年在第二次全国环境保护会议上，制定了我国环境保护事业的大政方针：一是提出“环境保护是我国的一项基本国策”；二是确定了“经济建设、城乡建设与环境建设同步规划、同步实施、同步发展，实现经济效益、社会效益与环境效益统一”的战略方针；三是把强化环境管理做为环境保护的中心环节。1989 年第三次全国环境保护会议，提出了努力开拓具有中国特色的环境保护道路的号召，促使我国环保工作迈上新台阶。

1989 年我国颁布了《中华人民共和国环境保护法》明确提出了环境保护的基本任务是：“保护和改善生活环境与生态环境 防治污染和其他公害 保障人体健康 促进社会主义现代化建设和发展。”

二、环境工程学

（一）环境工程学的的内容

环境工程学是人类在环境污染治理，保护和改善人类生存环境过程中形成的。这是由许多老学科交叉、渗透产生的新分支学科，属环境科学的应用环境学范畴。环境工程学的内容是运用工程技术的原理和方法来控制环境污染，保护和改善环境质量，合理利用自然资源的一整套技术途径和技术措施，一般包括水污染控制工程、大气污染控制工程、噪声污染控制工程、固体废弃物处理工程、环境监测技术及环境质量评价等。

（二）环境工程学的基本任务

目前对环境工程学的研究范围有不同认识。有的认为其任务是采取工程技术措施来消除和控制环境污染，重点是治理和控制废气、废水、噪声和固体废弃物，研究环境污染综合防治的方法和措施，利用系统工程方法，从区域整体上寻求解决环境问题的方案。有的则认为还应包括环境工程经济、给水排水、供热通风和空气调节等。

第三节 道路交通环境工程

一、道路交通的环境问题

（一）道路交通环境问题的产生与发展

1769年,法国军事工程师兼陆军炮兵大尉古诺(N. J. CUGNOT)制造出世界上第一辆蒸汽机汽车[*]。此车以每小时3.5km的速度行驶时,冒着浓浓的黑烟,发出隆隆的噪声。由此便产生了道路交通环境问题。20世纪50年代以后,世界范围内的工农业生产和科学技术得到了迅速发展,城市道路和公路的里程、车辆的保有量也得到了迅速增长,于是道路交通环境问题便成为当今主要的环境问题之一。

从20世纪80年代中期起,我国道路交通进入高速发展时期。至1999年底,全国公路总里程为127.8万km,其中高速公路8733km。图1-2和图1-3给出了我国公路及高速公路里程历年统计。根据交通部编制的“中国公路网发展战略规划”,在全国公路网中优先建设和发展以高速公路和一级公路为主的国道主干线系统。该系统包括“五纵七横”十二条干线,总里程约3.50万km。至20世纪末,中国公路总里程约129万km,公路密度为每100km²13.4km。到2010年,全国公路总里程将达145万km,公路密度达100km²15km。如此大规模的公路建设,必将给公路沿线地区的自然环境、生态环境、生活环境及景观环境带来影响,并产生一系列环境问题。

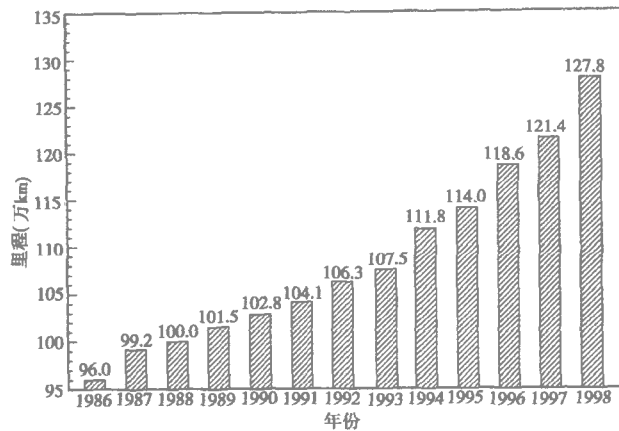


图 1-2 公路里程历年统计

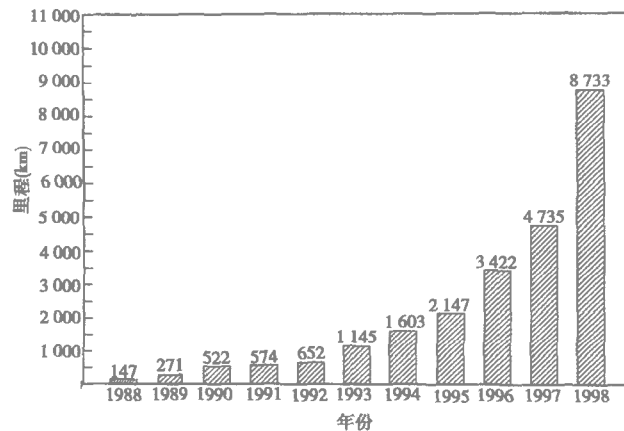


图 1-3 高速公路里程历年统计

[*] 1886年德国工程师卡尔·本茨研制成功世界上第一辆四冲程汽油机驱动的三轮汽车；德国的另一位工程师戴姆勒也研制成功四冲程汽油机驱动的四轮汽车。他们两人被誉为“汽车之父”。

据统计,1998年底全国机动车拥有量约1319多万辆,从1990年至1996年每年按12.05%递增(见表1-1)。由于城市交通车辆巨增,对城市环境的污染日趋严重。以交通噪声为例,1995年全国城市道路交通噪声级(等效连续A声级 L_{Aeq})为67.6~74.6dB,1996年增至68.0~76.3dB。1995年城市道路中交通噪声超过国家标准的占72.3%,1996年增至75.0%。

民用车辆拥有量统计(万辆)表1-1

地区	1980年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年
全国	192.51	642.31	742.71	811.28	965.15	1110.34	1215.99	1263.16
北京	-	38.65	43.35	-	41.60	48.10	58.90	62.18
天津	-	16.42	18.74	-	20.30	23.30	29.80	36.91
上海	-	21.89	23.57	-	23.60	27.00	31.10	34.67
全国拖拉机	-	462.58	494.53	537.08	564.68	584.76	591.91	693.34

(二) 道路交通的主要环境问题

1. 城市道路

城市道路交通环境问题主要是空气污染和噪声污染。

1) 空气污染

车辆排放的空气污染物主要有一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、碳氢化合物(HC)、颗粒物(TSP)等,给城市环境空气造成污染,危及人们的身体健康。从美国20世纪70年代城市空气污染物来源和分类统计(见表1-2)^[5]中可以看出,城市空气污染物主要来自车辆排气。据1998年资料,北京市因汽车排气及燃煤排放等原因已成为世界上空气污染严重的十大城市之一。

美国城市空气污染物来源分类

表1-2

来源	污染物 ($10^6 t/yr$)						百分数(%)
	CO	SO	NO_x	HC	TSP	共计	
道路交通(主要是车辆排气)	71.2	0.4	8.0	13.8	1.2	94.6	55
燃料燃烧(火力发电厂、工厂等)	1.9	22.0	7.5	0.7	6.0	38.1	22
工业生产(化工等)	7.8	7.2	0.2	3.5	5.9	24.6	14
其他(固体废物燃烧等)	5.7	0.7	0.9	5.6	1.6	14.5	9
共计	86.6	30.3	16.6	23.6	14.7	171.8	100

2) 噪声污染

根据调查统计,1979年至1988年10年间,我国城市环境噪声增加约10dB,平均每年增加1dB。进入90年代以来,城市噪声增加的幅度更大。道路交通噪声是城市环境噪声的主要来源。据浙江省1996年的公众环境意识问卷调查结果(见图1-4)显示,影响居民日常生活的主要环境问题是噪声干扰,其中交通噪声是主要污染源(见图1-5)。

2. 公路

近10多年来,我国公路交通环境问题越来越严重,已引起社会公众的广泛关注。因公路交通施工期和营运期对环境的影响因素有很大差别,下面分别简述。

1) 施工期

公路施工期的环境问题主要表现为非污染型生态环境影响。与公路施工有关的生态环境影响一般为植被破坏、局部地貌破坏(如高填、深挖、大切坡等)、土壤侵蚀、自然资源(土地、水、草场、森林、野生生物等)影响、景观影响及生态敏感区(著名历史遗产、自然保护区、风景名胜区和水源保护区)影响等。每条公路涉及的具体生态问题各不相同,主要取决于所经地域的

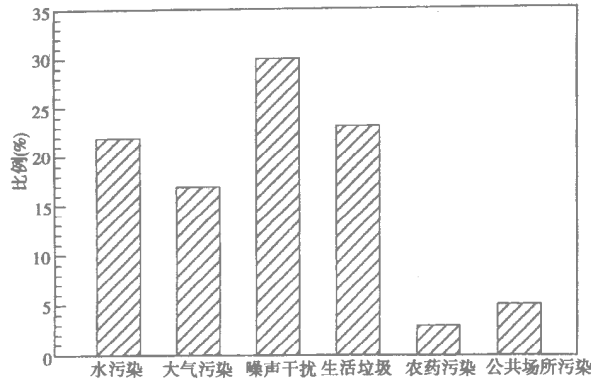


图 1-4 主要环境问题调查结果

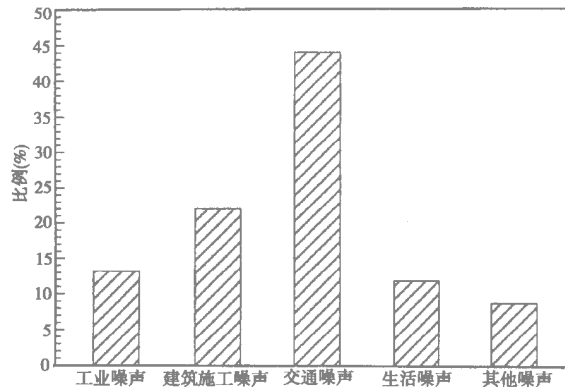


图 1-5 影响最大的噪声源调查结果

自然环境、生态环境及地貌状况等。对环境的影响程度取决于公路的等级，因高速公路及一级公路的工程技术标准较高，他们对生态环境的影响最大，普通道路的影响较小。

土地 尤其是耕地 是极其宝贵的自然资源。目前 我国各种开发区的建设、城市的不断扩大、交通运输网的建设、农村乡镇经济的发展及各种自然因素的破坏等，使耕地面积不断减少。我国现有耕地约 15 亿亩，仅为世界总耕地的 7% 而人口是世界的 25% 因此 土地问题已成为我国经济发展的严重制约因素。据统计，四车道高速公路及一级公路建设，每公里占用土地 75 亩左右，一般耕地约占 70%~90% 六车道高速公路则占地更多。由此 仅“五纵七横”国道主干线建设将占用土地约 263 万亩 其中耕地约 210 万亩。因此，在公路设计、施工等各个环节中 必须珍惜每寸土地 合理利用每寸土地。

2) 营运期

公路营运期的环境问题，主要是对沿线地区民众的生活环境造成影响，如噪声扰民，汽车排气污染空气，服务区污水及路面径流对水环境的污染等，其中噪声影响最为突出。

二、道路交通环境工程

(一) 道路交通环境工程的内容

道路交通环境工程是近年来人们针对道路交通环境污染治理、利用和保护自然资源、改善生态环境而产生的一门技术环境学科，是环境工程学的组成部分。由于该学科产生的时间较

短，尚未形成成熟的学科体系。目前，一般认为道路交通环境工程研究的主要内容为：道路交通环境问题的特征、规律 环境污染防治技术与方法 保护和合理利用自然资源、改善生态环境的技术措施 环境影响评价等。道路交通环境工程的内容、技术、方法等 还有待不断研究与完善。

（二）道路交通环境工程的基本任务

道路交通环境工程的基本任务是采取工程技术措施来消除和控制交通环境问题，重点是治理和控制环境污染，合理利用、保护自然资源，利用公路工程、环境工程和系统工程等综合方法，寻求解决道路交通环境问题的最佳方案，使道路交通建设与环境建设相协调，达到社会经济可持续发展的目标。

三、道路交通环境保护原则

道路交通环境保护应执行国家环境保护法规及有关规范。为使环境保护工作取得成效，应遵循下列原则：

1. 以防为主、防治结合

道路交通环境保护最有效的措施是路网规划和路线布设时考虑环境因素，通过全面规划和合理布局，将环境影响降至最低程度。在此基础上，采取必要的环境治理措施，实现环境保护目标。

2. 执行环境影响评价制度

编制环境影响报告书或环境影响报告表是国家对建设项目（包括新、改扩建）实行强制性环境保护管理的制度，是对建设项目从环境方面作可行性研究报告，对建设项目具有一票否决权的作用。环境影响报告书或报告表是建设项目工程设计中的环保工程设计、环境保护设计、施工期和营运期的污染防治措施及环境管理的依据。为更好地执行环境影响评价制度，1996年7月交通部颁发了《公路建设项目环境影响评价规范》（试行）但由于交通行业环境影响评价工作开展时间较短，关于道路项目环境影响评价的技术方法、工作内容及其管理等正在研究完善之中。

3. 综合治理

环境综合治理有两层含意：一是必须采取法律的、行政的、技术的、经济的综合措施来实现环境保护；二是为防治环境污染，改善环境质量应考虑多种技术措施综合治理，以达到环境保护最佳效果。

4. 技术、经济合理

实施环境保护措施时 应作多方案分析论证 以达到技术可靠、经济合理 使环境效益和社会效益最佳。此外，还应使环保措施可能产生的负面影响最小，或为防止负面影响的投入最小。

5. 实行‘三同时’原则

根据国家《建设项目环境保护管理办法》的规定，经环境影响评价及有关部门审批确定的环境保护措施，如管理处、生活服务区、收费站等的污水处理设施及其他环保设施，应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入营运。由于道路交通噪声对环境的影响与交通量有关，根据环境影响预测评价，噪声防治设施可采取分期实施方案。

6. 加强环境管理

管理工作是环境保护的关键。在我国，由于道路交通环境保护工作开展较晚，环境管理亟待加强。首先应建立和健全各级环境保护机构，明确职责；其次是制订相关环境管理法规，明确道路交通建设各环节的环境管理要求与目标，使环境保护工作切实有效。

第二章 道路交通生态环境影响与保护

我国是一个多山国家，大部分地区生态环境脆弱，道路建设与营运对生态环境的影响较明显。所以，只有科学评价道路交通对生态环境的影响，并采取有效的防治措施，将道路的建设、管理与保护生态环境密切结合起来，才能使道路交通与区域环境实现可持续协调发展。

第一节 生态环境概述

一、生态环境的基本概念

(一) 生态系统与生态平衡

1. 生态系统

“生态系统”是英国生态学家坦斯利(A. G. Tansley)于1935年提出来的，是指任何一个生物群落与其周围非生物环境所构成的综合体。按照现代生态学的观点，生态系统就是生命系统和环境系统在特定空间的组合。在生态系统中，各种生物彼此间以及生物与非生物的环境因素之间相互作用、相互制约，不断进行着能量流动、物质循环和信息传递。

生态系统的类型是多种多样的，下面介绍其一般分类。

按主体特征分，有森林、草原、荒漠、冻原、河流、湖泊、沼泽、海洋、农村、城市等生态系统。

按地域特征分，有全球最大的生态系统——生物圈生态系统、陆地生态系统、海洋生态系统，还有山地、平原、岛屿等生态系统。

按性质分，有自然生态系统和人工生态系统。农田、农村、城市、水库等生态系统都属于人工生态系统。

任何一个生态系统，不管范围大小，简单还是复杂，都具有一定的结构。一个完全的生态系统由非生物成分、生产者有机体、消费者有机体和分解者有机体四部分组成。

(1) 非生物成分。包括太阳辐射能、水、 CO_2 、 O_2 、 N_2 、矿物盐类及其他元素和化合物。它们是生物赖以生存的环境条件。

(2) 生产者有机体。包括所有的绿色植物。它们通过光合作用把从环境中摄取的无机物质合成为有机物质，并将太阳能转化为化学能贮存在有机物质中。它们是有机物质的最初制造者(为自养生物)为地球上其他一切生物提供得以生存的食物。

(3) 消费者有机体。动物为异养生物，是消费者有机体。以植物为食的称植食动物，如牛、马、羊等，为第一性消费者。以动物为食的称肉食动物，可依次分为第二性消费者、第三性消费者和更高级的消费者。它们与生产者按照被食者与食者的关系组成食物链。

(4) 分解者有机体。主要指细菌、真菌和一些原生动物，它们也是异养生物。它们依靠分解动植物的排泄物和死亡的有机残体取得能量和营养物质，同时把复杂的有机物降解为简单的无机化合物或元素，归还到环境中，被生产者有机体再次利用，使生态系统中的物质得以循环，所以它们又被称为还原者有机体。

2. 生态平衡

生态系统是一个开放系统，非生物成分、生产者有机体、消费者有机体和分解者有机体之间不停地进行着能量交换、物质循环与信息传递（见图 2-1）。任何一个生态系统都需经过由低级向高级，由简单向复杂的发展过程而达到相对稳定的状态。当生态系统处于相对稳定状态时，生物之间和生物与环境之间出现高度的相互适应，其动、植物数量上也相对保持稳定，生产与消费和分解之间，即能量和物质的输入与输出之间接近平衡，以及结构与功能之间相互适应并获得最优化的协调关系，这种状态就叫做生态平衡。

生态平衡具有以下重要特点：

(1) 达到生态平衡的生态系统，其有机体个体数目、生物量、生产力均最大。

(2) 生态平衡是一种动态平衡，任何内部或外部因素的变化都可能使这种平衡发生变化。生态系统具有自动调节能力以保持平衡稳定。系统越成熟、组成种类越多、营养结构越复杂，对外界压力、冲击的抵抗能力就越大，受到某些破坏，可以自我恢复。但是，系统的这种调节能力是有限度的，其界限称阈值，稳定系统的阈值较高。当外界干扰造成的破坏超过系统的自我恢复能力或阈值时，系统平衡破坏，食物链关系失常，生物个体数变少，生物量下降，生产力衰退，系统的结构与功能失调，系统内物质循环及能量流动中断，最终导致生态系统的瓦解崩溃。

(3) 人类对生态系统的影响很大。人类是生态系统中最积极活跃的因素，人类的活动对生态平衡影响很大。一方面，过度开发与环境污染，使生态系统遭到严重破坏，甚至崩溃。另一方面，人类可以按照客观规律，用更合理的人工生态系统来替代旧的自然生态系统，建立生产力更高的良性生态平衡。

(二) 生态环境

生态环境是指影响生态系统发展的环境条件的总体。环境科学所指的生态环境是人类的生态环境，它是人类生存的自然环境和社会环境的综合（见图 2-2）。

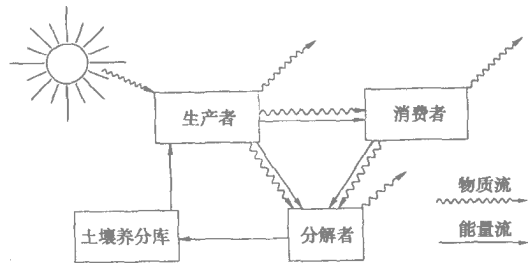


图 2-1 生态系统中的物质循环与能量流动

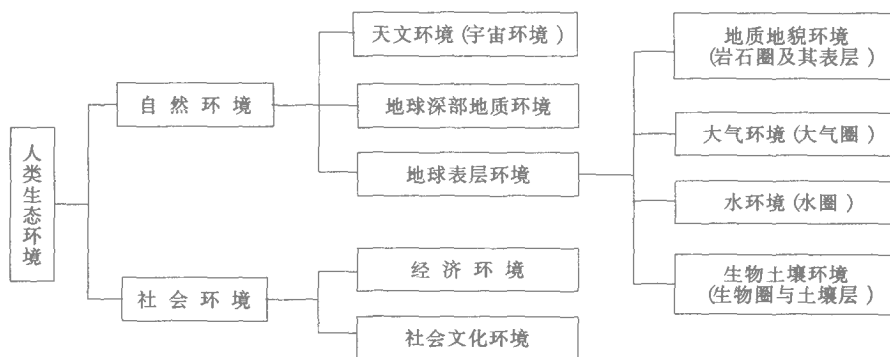


图 2-2 人类生态环境系统

1. 自然环境

自然环境是人类赖以生存和发展的所有物质、能量因素和外界条件的综合体。也就是环绕着人群的空间中可以直接、间接影响人类生产、生活的一切自然形成的物质、能量的总体。构成自然环境的物质、能量的种类很多，大体可以分为以下六大类：

(1) 地质因素。包括地质构造分区、地层、构造、岩石类型及其力学特征与抗风化性能，环境地质问题，地质灾害与地震烈度等。

(2) 地貌因素。包括地貌类型、地表起伏、破碎程度、剥蚀、侵蚀、堆积特征等。

(3) 气候因素。包括气候类型、气温、降水、风力、风向、灾害天气等。

(4) 水文因素。包括河流、湖泊、沼泽等地表水体的主要特征、地下水特征、海滨地带的海洋影响等。

(5) 生物因素。包括植被类型、野生动植物及其生态系统等。

(6) 土壤因素。包括土壤类型、荒漠化与水土流失等。

2. 社会环境

社会环境是指在自然环境的基础上，人类通过长期有意识的社会劳动，加工和改造了的自然物质，创造的物质生产体系，积累的物质文化等所形成的环境体系。所以，社会环境是人类生存及活动范围内的社会物质、精神条件的总和。广义讲，包括整个社会经济文化体系，如生产力、生产关系、社会制度、社会意识和社会文化。狭义讲，指人类生活的直接环境，如家庭、劳动组织、学习条件和其他集体性社团等。区域社会环境，一般包括社区基本特征、经济因素与社会文化因素。

(三) 自然资源

自然资源是人类在一定的发展状况下，能被人类所利用的，存在于自然环境中的部分自然物质和自然能量，如阳光、空气、矿物、土壤、水与水能、野生动植物、森林、草场等，它们是人类赖以生存和发展的物质与能量基础。

1. 自然资源的类型

自然资源有多种分类方法，目前较常用的且与环境保护关系密切的是根据资源的再生性等特征的分类，见图 2-3。

2. 自然资源的主要特征

自然资源具有整体性、有限性、地域性、变动性与稳定性、层次性、多用性、国际性等特点。随着科学技术的进步与社会经济的发展，自然环境中更多的物质和能量，都将成为可被人类利用的自然资源。因而自然资源的类型、数量都将随着社会发展而不断增加。

对自然资源的开发利用必须坚持科学规划、合理开发、有效保护、永续利用的原则。资源开发不当或过度开发，对资源及环境的影响是多方面的。以森林资源为例，大面积森林破坏造成的恶果有：

(1) 森林资源减少以至枯竭。

(2) 多种林下植物大量减少或消失。

(3) 多种林内动物大量减少或消失。

(4) 水土流失加重，洪水、泥石流、滑坡等灾害增多。

(5) 森林防风沙及保护环境功能减弱或消失。

(6) 森林景观消失。

(7) 释氧量减少，森林保健功能减弱或消失。

(8) 小气候变劣等。

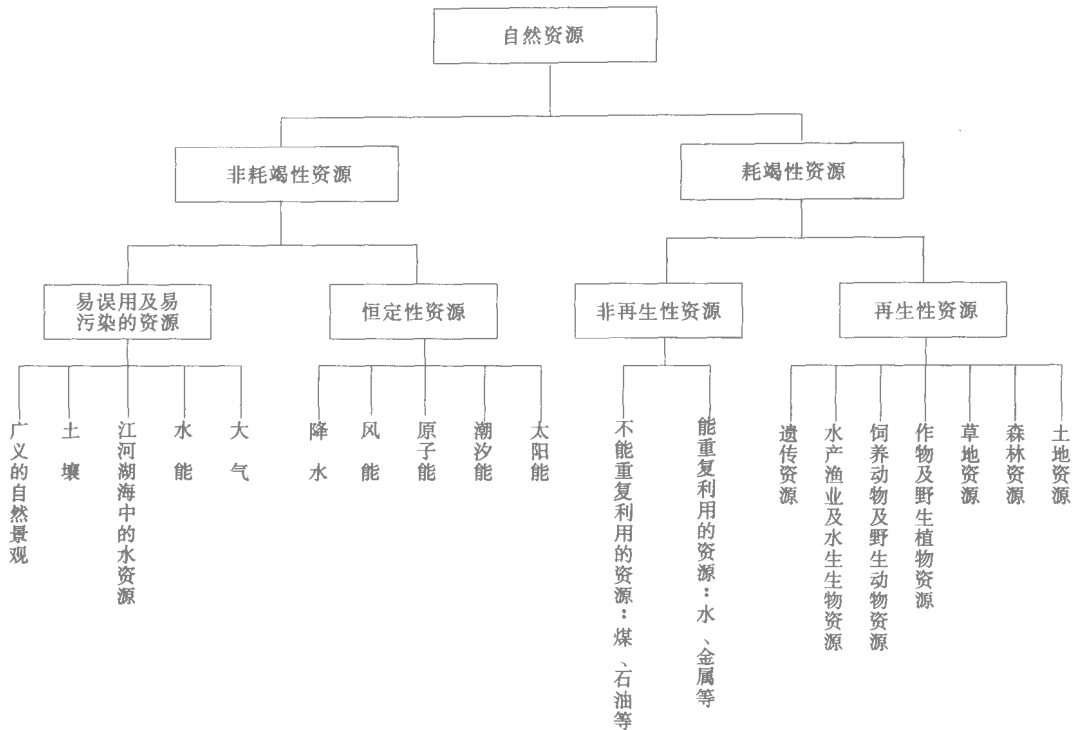


图 2-3 自然资源分类系统

二、道路交通对生态环境的影响

道路建设与营运过程中，对沿线一定范围内的生态环境会产生不同程度的影响。

(1) 路基开挖或堆填，会改变局部地貌。在地质构造脆弱地带易引起崩塌、滑坡等地质灾害，在石灰岩地区易引起岩溶塌陷，在高寒山区易引起雪崩等灾害。

(2) 开挖路基有时会影响河流的稳定性。例如大量弃土倾入河谷、河道，使河床变窄，易引发山洪、泥石流等灾害。

(3) 道路建设占用大量土地，尤其是高速公路工程量大，施工期长，其施工场地、运输便道、生活设施等用地面积更大，因而对生物多样性影响明显。路面对植被的长期破坏，路基两侧对植被也造成一定影响，在生态系统脆弱地区，植被破坏会加剧荒漠化或水土流失。对森林、草地的破坏，会影响野生动物的正常活动。另外，道路建设有时还会对自然保护区、风景名胜区、森林公园等产生不利影响。

(4) 对城镇、乡村、农田及各种建筑设施产生一定影响。有时还会对历史文物产生不利影响。

(5) 对沿线环境带来一定程度的污染。如引起大气污染、水污染、土壤污染、植物污染及噪声影响沿线居民的正常生活。

通常，山区道路建设难度大，对自然环境的影响远比平原地区大。而平原地区道路建设对人工生态系统影响明显。选线不当及施工中引起局部自然生态失调，会对沿线生态环境产生不良影响。道路建成营运后，沿线经济带开发引起人类活动的增加，也将成为局部地区生态环境失调的新的诱发因素。

第二节 道路交通与地质灾害的防治

崩塌、滑坡、泥石流等是山区道路建设与营运中易发生的地质灾害,往往会造成严重的生态破坏与居民生命财产的巨大损失。这些地质灾害的产生,不仅与自然条件有关,而且与人为因素有关。因而,在丘陵山区、黄土高原、岩溶高原等地表起伏较大地区修建道路时,应采取多种措施,避免或减少地质灾害对道路交通的影响以及对沿线生态环境的破坏。

一、崩塌、滑坡及其防治

(一) 崩塌及其防治

1. 崩塌的危害与主要类型

在比较陡峭的斜坡上,大块岩体或碎屑在重力作用下突然落下,并在坡脚形成倒石堆(又称岩屑堆)的现象称为崩塌。倒石堆是一种倾卸式的急剧堆积,一般是松散、杂乱、多孔隙、大小混杂而无层理。崩塌的运动速度很快,崩塌的体积可由小于 1m^3 到数亿 m^3 。大规模的崩塌能摧毁铁路、公路、隧道、桥梁,破坏工厂、矿山、城镇、村庄和农田,甚至危及人民的生命安全,造成巨大灾害。它在工程建设上被视为“山区病害”之一。崩塌有下列主要类型:

(1) 落石。指悬崖陡坡上块石崩落。一般规模不大,可分为散落、坠落、翻落三种形式。

(2) 山崩。指发生在山区规模巨大的崩塌。例如,由于地震影响,陕西秦岭中的翠华山曾发生山崩,产生的巨大角砾(粒径可超过 50m)遍布山坡,形成“砾海”。巨大的崩积体(倒石堆)堵塞山谷,积水成湖,形成景色优美的翠华山天池。

(3) 坍岸。指发生在河岸、湖岸、海岸的崩塌。

(4) 坍塌。指由地下溶洞、潜蚀穴或采空区所引起的崩塌。

2. 崩塌易发地段的评价

1) 地貌条件

地貌是引起崩塌的基本因素。一定的坡度和高差是崩塌发生的基本条件。据调查由坚硬岩石组成的斜坡,坡度大于 50° 或 60° ,高差大于 50m 时,才可能发生崩塌。由松散物质组成的坡地,当坡度超过它的休止角时可能出现崩塌,一般坡度大于 45° ,高差大于 25m 可能出现小型崩塌,高差大于 45m 可能出现大型崩塌。黄土地区,坡度在 50° 以上,才可能发生崩塌。高山峡谷、悬崖陡岸多数是崩塌易发地段。

2) 地质条件

岩性与地质构造也是崩塌发生的重要条件。结构致密又无裂隙的完整基岩,即使在坡度很陡的情况下也不发生崩塌。反之,结构疏松、破碎的岩石易发生崩塌。当坚硬岩层与松软岩层成互层出现时,由于差异风化,使坚硬岩层突出,临空面增大,易引起崩塌。大量节理或断层存在,会加速岩石的风化解体过程,是崩塌发生的重要条件。岩层构造(包括断层面、节理面、层面、片理面等)及其组合方式是发生崩塌的又一个重要条件。当岩层面或解理面的倾向与坡向一致、倾角较大、又有临空面的情况下,沿构造面最容易发生崩塌。就区域新构造运动特点而言,构造运动比较强烈、地层挤压破碎、地震频繁的地区,是崩塌的多发区。

3) 气候条件

强烈的物理风化是崩塌发生的基础性条件。由于干旱、半干旱地区温差大,高寒山区冻融过程强烈,因此在这些地区岩石风化强烈,悬崖陡坡最易出现崩塌。暴雨、连日阴雨及冰雪融

化等往往是崩塌的触发因素，岩体和土体中水分的大量渗入，大大增加了负荷，同时还影响岩体内部结构，导致崩塌发生。另外，暴雨、连日阴雨还易引起洪水，导致大范围坍岸，造成严重灾害。山区道路往往沿河岸路段较长，坍岸对道路交通威胁很大。

4) 人为因素

道路建设或改造中，因过分开挖山体边坡，或在坡脚大量采石取土，使坡脚支持力减弱而引起崩塌。另外，在岩体较破碎地带，大爆破也会引起崩塌。

在道路设计、建设与营运过程中，要根据上述条件，综合分析，确定崩塌易发地段和时段，采取相应的防治措施，以保证施工与营运安全，保护生态环境。

3. 崩塌的防治

在山区修建道路对崩塌易发地段应定期监测，判断崩塌发生的可能性、强度、规模，并采取适当的防治措施，如清除危石、改造坡面等。

对规模大、破坏力强、仍在发展中的大型崩塌，一般应以改线避让为主。对规模不大的崩塌，可根据不同情况，采取建拦石坝、防护河堤、支撑体、砌石护坡、绿化坡面或清除岩屑堆等措施。

道路施工，应尽可能避免因人工开挖或爆破引起崩塌。

(二) 滑坡及其防治

1. 滑坡及其危害

滑坡是山区道路建设中经常遇到的一种地质灾害。坡面上大量土体、岩体或其他碎屑堆积，在重力和水的作用下，沿一定的滑动面整体下滑的现象称为滑坡。滑坡一般由三大部分组成，即滑坡壁、滑动面和滑坡体。大型滑坡体的结构比较复杂，其前端为滑坡舌和滑坡鼓丘。滑坡体上有滑坡阶地、滑坡洼地、滑坡湖、滑坡裂缝等。

滑坡的规模不一，其危害程度也不一，大型滑坡的危害是相当严重的。如 1955 年 8 月 18 日，陇海铁路宝鸡附近发生的卧龙寺大滑坡，把铁路向南推出 110m。该滑坡南北长 645m，滑坡体最大厚度 88.6m，滑坡体体积约 2 000 万 m^3 ，滑动面积 33 万 m^2 ，迫使陇海铁路在这里改线。又如 1983 年 3 月 7 日，在甘肃省东乡县洒勒山南坡，在第四纪黄土与下伏第三纪红土层中发生的大型滑坡，南北长 1 600m，东西宽约 800m，滑坡体达 5 000 多万 m^3 ，滑坡影响面积为 150 万 m^2 。滑坡快速滑动仅两分钟，滑动距离达 800~1000m，最大速度为 46.1m/s，因而破坏性极大。该滑坡使公路毁坏，河道堵塞，水库淤积，附近 4 个生产队的 71 户被掩埋，220 人死亡，200 多公顷农田被毁。

2. 滑坡易发地段的评价

1) 地质条件

滑坡主要出现在松散沉积层。松散沉积物，尤其是粘土及黄土浸水后，粘聚力骤降，大大增加其可滑性。基岩区的滑坡常和页岩、粘土岩、泥灰岩、板岩、千枚岩、片岩等软弱岩层有关。当组成斜坡的岩石性质不一，特别是上覆松散堆积层，下伏坚硬岩石时，易产生滑坡。

滑坡的滑动面多数是构造软弱面，如层面、断层面、断层破碎带、节理面、不整合面等。另外，岩层的倾向与斜坡坡向一致时，也有助于滑坡发育。

2) 地貌条件

就地貌特征而言，一般坡度不大，起伏平缓，而且植被覆盖较好的山坡比较稳定，不易发生滑坡。高陡的山坡或陡崖，使斜坡上部的软弱面形成临空状态，上部土体或岩体处于不稳定状态，容易产生滑坡。据观测，基岩沿软弱结构面滑动时，要求坡度为 $30^\circ \sim 40^\circ$ ，松散堆积层沿

层面滑动时，要求坡度在 20° 以上。此外，河水侵蚀强烈的凹岸陡坎是滑坡易发地段。在黄土地区的河谷两岸，往往会出现巨大的滑坡带。

3) 降水和地下水条件

降水和冰雪融水往往是滑坡的触发条件。大多数滑坡发生在降雨时期，一般是大雨大滑，小雨小滑，无雨不滑。地下水也是促使滑坡发生的重要原因，绝大多数滑坡都是沿饱含水地下水的岩体软弱面产生的。

4) 地震

地震是滑坡重要的触发条件。

3) 人为因素

人为因素对滑坡的影响主要表现在四个方面：①开挖坡脚，破坏了自然斜坡的稳定状态；在坡顶上堆积弃土、盖房，加大了坡顶荷载；③不适当的大爆破施工；④排水不当等。

滑坡的发生和发展一般可以分为蠕动变形阶段、剧烈滑动阶段、渐趋稳定阶段。蠕动变形阶段，长的可达数年，短的仅几天。一般滑坡规模越大，这个阶段越长。较准确的判断蠕动变形是防治滑坡，减轻灾害的关键。

3. 滑坡的防治

山区道路在选线时，应尽可能避开大型滑坡易发地带。在道路建设与营运中，应对滑坡易发地段进行监测。对开始蠕动变形地段要及时采取防治措施，同时要尽量减少人为因素的影响。滑坡的防治主要有排、挡、减、固等措施。

(1) 排。是排除地表水和疏干地下水，增加抗滑力。

(2) 挡。是修建挡土墙，挡住土体下滑。

(3) 减。是在滑坡上方取土减荷，减小下滑力。

(4) 固。是在滑坡体内打抗滑桩或烘烧滑动面土体使之胶结，加大抗剪强度。

考虑滑坡防治措施时，必须针对引起滑坡的原因及类型，抓住主要矛盾加以综合治理。

二、泥石流及其防治

(一) 泥石流的危害与类型

泥石流是一种含有大量泥沙、石块等固体物质突然爆发历时短暂来势凶猛具有强大破坏力的洪流。泥石流爆发时，山谷雷鸣，地面振动，几十万甚至几百万立方米的沙石混杂着水体依仗陡峻的山势沿着峡谷深涧前推后拥猛冲下来。它掩埋村庄摧毁城镇破坏交通和一切建筑物，往往造成巨大的灾害。泥石流之所以危害巨大，主要是它的剥蚀、搬运和沉积作用极为强烈，对地表改变很大。泥石流可以搬运大量的粗碎屑和巨砾，并以高速运动，带着强大的能量，对沟道产生强烈的下切和侧蚀。泥石流冲出峡谷后，在较开阔地面沉积下来，形成巨大的锥形或扇形堆积体。

泥石流主要有两类：粘性泥石流，指固体物质总量占 40% 以上的泥石流；稀性泥石流，指固体物质总量占 40% 以下的泥石流。

(二) 泥石流易发地区的评价

泥石流的发生取决于三个条件：一是要有丰富的固体碎屑；二是要有大量水体，水既是泥石流的组成部分，又是重要的动力条件；三是要有适宜的地貌条件。所以，典型的泥石流流域可分为三个区：①上游形成区，这是一个三面环山，一面出口的盆地，这里是组成泥石流固体碎屑和水源的主要汇集区；②中游流通区，它是泥石流外泄的通道，地形上为比降较大的深切沟

谷 ;③下游堆积区,是泥石流物质的停积地区。

总之,构造变动复杂或新构造运动强烈,而且岩性脆弱的地区,一般是泥石流的易发区。形成泥石流的水源主要来自暴雨或冰雪融水。暴雨中心往往是泥石流的分布区,暴雨量越大,泥石流规模也越大。另外,人为因素对泥石流的影响不可低估,如采矿废渣和修路废弃土石方不合理大量堆积,森林植被严重破坏,工程建筑物不合理布局等,都有可能为泥石流的发生提供条件。

山区道路选线应尽量避免大型泥石流多发区。施工时,应尽量减少对森林植被的破坏,同时要注意对废弃土石方的处理,不能为泥石流的产生提供物质条件。

(三) 泥石流的防治

泥石流的防治是一项综合性生态工程,对泥石流的三个区,要采取针对性的措施。

(1) 上游形成区。植树造林,保护草地,修建排水系统,减少或断绝泥石流的固体物质源。

(2) 中流流通区。在主沟内修建各种拦石坝,拦蓄泥沙石块,削减泥石流的流速和规模,防止泥石流的侧蚀和下切。

(3) 下游堆积区。修建排洪道和导流堤,保护道路、桥梁、涵洞和其它建筑物。

目前,我国在泥石流的监测和防治方面已积累了丰富的经验。

第三节 道路交通与水土保持

一、土壤侵蚀的因素与规律

(一) 土壤侵蚀及其危害

1. 土壤侵蚀类型

一般认为,土壤侵蚀是地球陆面上的土壤、成土母质和岩屑受水力、风力、冻融、重力等营力作用,发生磨损、结构破坏、分散、移动和沉积等的过程与后果。目前,世界上多采用土壤侵蚀(Soil erosion)这一术语。水土流失(Soil and water)是我国对土壤侵蚀笼统的习惯叫法。严格地讲,土壤侵蚀与水土流失这两个概念的科学含义是有区别的。

根据侵蚀营力,可将土壤侵蚀分为水力侵蚀(水蚀)、风力侵蚀(风蚀)、重力侵蚀和泥石流等类型。

按照侵蚀方式,水力侵蚀又可分为:①面蚀,包括溅蚀、片蚀、细沟状面蚀等;②沟蚀,是最重要的侵蚀方式,可形成浅沟、切沟、冲沟及河沟等,它们是沟谷发育的不同阶段;③潜蚀等。

考虑人类的影响,还可将土壤侵蚀分为自然侵蚀与加速侵蚀。自然侵蚀,是由自然因素引起的不断进行土壤更新作用,即因侵蚀而消失的表土层同时由风化产生的新土层所补偿,消失和补偿基本维持平衡,因而土壤侵蚀速度缓慢,一般危害不大,故又将此称为正常侵蚀。加速侵蚀,是由人类活动引起的,可使正常侵蚀条件下需千百年才能损失的表土,在极短时间内流失殆尽,其危害严重。在我国,现代侵蚀就是加速侵蚀。

2. 土壤侵蚀的危害

1) 破坏土地资源

一方面,土壤侵蚀可使土壤中的有机物质和无机养分大量流失,导致土壤肥力降低,质量变差,土地生产力下降。另一方面,土壤侵蚀使大量耕地遭到蚕食,可利用土地面积减少。据水利部门统计,至1992年,全国水土流失面积共计367万 km^2 ,占全国总面积的38.2%。40多